

## La théorie néo-classique de la demande de capital : problèmes théoriques de spécification

## The neoclassical theory of the demand for capital: theoretical problems of specification

Jean-Guy Loranger

Volume 52, numéro 3, juillet-septembre 1976

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/800681ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/800681ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Loranger, J.-G. (1976). La théorie néo-classique de la demande de capital : problèmes théoriques de spécification. *L'Actualité économique*, 52(3), 353-374. <https://doi.org/10.7202/800681ar>

### Résumé de l'article

This paper is a critique of the neoclassical theory of investment behavior advanced by Jorgenson and others. The main conclusions are as following:

1. Jorgenson's specification of the objective function implies that prices are constant.
2. The rejection of this hypothesis and the assumption of a competitive equilibrium imply that prices must be treated as exogenous variables and that there is no excess capacity of production.
3. Jorgenson's specification of an "ad hoc" adjustment between actual and desired demand for capital is not acceptable with respect to his equilibrium conditions.
4. Since the capital stock is by definition a weighted sum of past investment, it would be more convenient to assume a hyperbolic function about replacement instead of a geometric function.
5. The rejection of the competitive equilibrium assumption in favor of a non competitive equilibrium approach implies that prices must be considered as endogenous variables and that an excess capacity of production is always possible. This last consideration is crucial when interpreting the empirical results obtained by estimating the parameters of a "reduced form" demand function for capital.

# LA THÉORIE NÉO-CLASSIQUE DE LA DEMANDE DE CAPITAL : PROBLÈMES THÉORIQUES DE SPÉCIFICATION \*

## *Introduction*

La théorie néo-classique de la demande de capital reformulée par Jorgenson au cours des années soixante semble toujours retenir l'attention des économistes de plusieurs tendances si on en juge par le nombre considérable de contributions qui ont été publiées sur ce sujet au cours des dernières années seulement <sup>1</sup>. Les critiques les plus sévères de l'approche de Jorgenson ont porté sur la spécification du mécanisme d'ajustement entre la demande actuelle et la demande désirée de capital en rapport avec une position d'équilibre à long terme et sur le choix d'une fonction de production Cobb-Douglas (C.D.) à rendements constants et à élasticité unitaire de substitution.

Pour contrer cette marée montante de critiques à son approche, Jorgenson expose, dans l'une de ses contributions les plus récentes [31, 1973], une reformulation succincte de sa théorie de la demande de capital à l'équilibre et présente les résultats empiriques de certains chercheurs qui semblent confirmer la justesse de ses hypothèses à priori sur l'élasticité unitaire de substitution et sur une fonction de production à rendements constants comme étant les principales caractéristiques de l'industrie manufacturière américaine.

Dans la reformulation succincte de ses positions concernant la demande de capital à l'équilibre, Jorgenson insiste beaucoup sur l'importance de la nature des rendements à l'échelle.

*« For diminishing returns the optimal policy determines an optimal long run level of capital input and associated levels of output and labor input*

---

\* Cet article est une version révisée (mai 1975) d'un texte écrit en 1974 et publié dans les Cahiers du Département de Sciences économiques de l'Université de Montréal.

1. Jorgenson [26, 1973], [30, 1972], [29, 1971], Jorgenson-Handel [32, 1971], Hall-Jorgenson [24, 1971], Berndt [2, 1973], Gould [20, 1969], Nerlove [48, 1972], Mundlak [47, 1967], Coen [4, 5, 1969], Zarembka-Chernicoff [58, 1971], Eisner-Nadiri [14, 15, 1970], Bischoff [3, 1969], Gould-Wand [21, 1973], Feldstein-Rothschild [18, 1974].

*for any set of prices of output, labor input and capital input. The optimal path for capital accumulation converges to the optimal values of output, capital input and labor input. For constant returns to scale the policy determines an optimal rate of growth of capital and associated capital-output and labor-output ratios for any set of prices of output, labor input and capital input.* »<sup>2</sup>

Cette prise de position de Jorgenson révèle donc l'importance cruciale de vérifier empiriquement, à l'aide d'un modèle d'équilibre dynamique de la demande de capital, la valeur du coefficient d'élasticité de substitution et, surtout, du paramètre des rendements de la fonction de production. C'est ce que nous avons fait dans d'autres publications<sup>3</sup>. Nous limiterons nos ambitions, dans cet article, à présenter la théorie néo-classique de la demande de capital telle que reformulée par Jorgenson et ses nombreux collaborateurs au cours des années soixante<sup>4</sup> en indiquant certaines spécifications alternatives et en discutant des principaux problèmes soulevés par cette approche.

Nous examinerons successivement la théorie de la demande de capital nouveau (section 1), la théorie de la demande de capital de remplacement (section 2), la théorie de l'ajustement entre la demande actuelle et la demande désirée (section 3) et, enfin, les principaux problèmes posés par l'approche de Jorgenson.

## 1. THÉORIE NÉO-CLASSIQUE DE L'ACCUMULATION DU CAPITAL NOUVEAU

Soit  $p$  le prix de la production,  $w$  le taux des salaires,  $q$  le prix d'une unité de capital,  $Q = F(K, L)$  la fonction de production,  $K$  la demande de services de capital,  $L$  la demande de travail,  $I$  l'investissement brut,  $u$  le taux (effectif) d'imposition sur le revenu des entreprises,  $h$  la dépense par unité de capital déductible pour fin d'impôt,  $r$  le taux d'escompte (ou taux de rendement). Jorgenson définit  $h$  par la relation suivante :  $h = (v\delta + zr)q$  où  $v$  est la proportion d'amortissement et  $z$  est la proportion d'intérêt déductibles pour fin d'imposition. En conséquence,  $\delta$  est la proportion d'une unité de capital sujette à la dépréciation (ou taux réel de dépréciation).

### 1.1 Fonction objectif, contraintes et conditions d'équilibre

Selon Jorgenson, l'objectif de l'entrepreneur est de maximiser la valeur présente du flux de revenus nets futurs sous deux contraintes :

2. Jorgenson [31], p. 3.

3. Loranger [42, 43, 44].

4. La reformulation de la théorie de la demande de capital de Jorgenson, ainsi que les nombreuses applications empiriques dans l'industrie manufacturière américaine, sont contenues dans les publications suivantes : Jorgenson [26, 1963], Jorgenson [27, 1965], Jorgenson [28, 1967], Jorgenson-Hunter-Nadiri [33, 1970], Jorgenson-Seibert [34, 35, 1968], Jorgenson-Stephenson [36, 37, 1967], Jorgenson-Stephenson [38, 1969], Jorgenson [29, 1971], Jorgenson [30, 1972], Jorgenson [31, 1973].

la contrainte technique de production et la contrainte d'investissement de remplacement. En utilisant les symboles définis ci-haut, le problème d'optimisation s'écrit de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{Max } W = & \int_0^{\infty} e^{-rt} \{ pQ(t) - wL(t) - qI(t) \\ & - u[pQ(t) - wL(t) - hK(t)] \} dt \end{aligned} \quad (1)$$

sous :

$$F(Q(t), L(t)) = 0 \quad (2)$$

$$I(t) = \partial K(t) / \partial t + \delta K(t). \quad (3)$$

On notera tout de suite que les variables qui ne sont pas définies par rapport au temps doivent être traitées comme des constantes ou comme des variables exogènes dont la valeur future est fixée selon la valeur anticipée qui est la même sur tout l'horizon de temps futur. C'est ce que Nerlove [49] appelle un modèle d'anticipations statistiques ou stationnaires. C'est une hypothèse très forte qui sera quelque peu relâchée par l'introduction d'une fonction à retards échelonnés dans le processus d'ajustement entre demande actuelle et demande désirée, en considérant les variables prix comme des variables purement exogènes déterminées par les seules forces des marchés *parfaitement concurrentiels* (à long terme).

Pour l'instant, l'élimination de toute incertitude dans la formulation de la fonction objectif nous permet de dériver des conditions d'équilibre qui sont identiques à celles qu'on obtient à partir d'un modèle d'équilibre statique à long terme. En effet, la maximisation de la fonction objectif par le calcul des variations nous donne comme sous-ensemble de conditions premières :

$$Q/K = q/p [ [(1 - uv)/(1 - u)]\delta + [(1 - uz)/(1 - u)]r ] \quad (4)$$

$$Q/L = w/p \quad (5)$$

En définissant

$$c = q [ [(1 - uv)/(1 - u)]\delta + [(1 - uz)/(1 - u)]r ] \quad (6)$$

comme le coût d'usage du capital<sup>5</sup>, on reconnaît immédiatement les deux conditions classiques d'un équilibre statique à long terme, i.e. la productivité marginale d'un facteur est égale à son prix (relatif) d'équilibre. Il s'agit d'un équilibre concurrentiel puisque, par hypothèse, les

5. Cette définition du coût d'usage ne tient pas compte des gains ou pertes de capitaux. Pour une définition du coût d'usage incluant les gains ou pertes de capitaux, i.e. :

$c = q [ [(1 - uv)/(1 - u)]\delta + [(1 - uz)/(1 - u)]r - [(1 - ux)/(1 - u)]q ]$   
( $x$  = proportion des gains ou pertes admissibles pour fin d'imposition), le lecteur peut se référer à Jorgenson [26, 27], Jorgenson-Stephenson [36].

prix sont déterminés sur des marchés parfaitement concurrentiels. C'est à partir de ces conditions d'équilibre et en spécifiant une forme particulière de fonction de production que Jorgenson dérive la demande désirée de capital.

### 1.2 Hypothèse sur la fonction de production

Jusqu'ici, il a suffi de supposer implicitement que la fonction de production possède des dérivées premières et secondes continues et qu'elle est strictement quasi-concave, i.e. qu'elle a un gradient non négatif et un hessien qui définisse une matrice semi-négative définie. Ces hypothèses sont suffisantes pour éliminer la possibilité de rendements croissants qui sont, comme on le sait, incompatibles avec un équilibre concurrentiel. Les néo-classiques, comme Jorgenson, admettent volontiers des hypothèses encore plus fortes sur la fonction de production, en particulier, celle d'une fonction de production homogène à rendements constants ou décroissants, i.e. :

$$Q = F(\lambda K, \lambda L) = \lambda F(K, L), \text{ pour } 0 \leq \lambda \leq 1. \quad (7)$$

Il est à noter que la définition de ce type de fonction de production suppose qu'il n'y a aucun problème particulier d'agrégation pour les deux types de facteurs, que la production peut être homogénéisée en un seul bien, qu'il existe une relation fonctionnelle purement technique entre le niveau de production et la quantité de facteurs utilisés pour atteindre ce niveau. *Il ne peut donc y avoir d'excédent de capacité puisque la relation est fonctionnelle et non stochastique.* Cette dernière hypothèse est très importante pour l'estimation par les moindres carrés (M.C.) de la demande dérivée de capital, car si on devait admettre un terme stochastique dans la fonction de production, ce terme stochastique impliquerait une dépendance quasi certaine entre l'une des variables explicatives ( $Q$ ) de la demande d'un facteur et le terme aléatoire de cette même fonction <sup>6</sup>.

Les formes particulières de la fonction de production qui sont les plus couramment employées par les néo-classiques sont la Cobb-Douglas (C.D.) et la C.E.S. (Constant Elasticity of Substitution) <sup>7</sup>.

6. En effet, soit  $Q = f(K, L)$  une relation fonctionnelle exacte,  $Q^* = f(K, L, e) = f(Q, e)$  une relation fonctionnelle non exacte à cause d'un excédent de capacité représenté par l'aléa  $e$ . Puisque le degré d'utilisation de la capacité est directement lié au niveau de production,  $E(Q, e) \neq 0$ . Soit  $K = g(Q, v)$  un modèle stochastique de demande de capital. Pour estimer correctement cette demande par M.C., il faut supposer  $E(Q, v) = 0$ . Mais si nous avons  $Q^*$  au lieu de  $Q$  dans la demande de capital, celle-ci s'écrit :  $K = g(Q^*, v) = g(Q, e, v)$ . Puisque  $e$  et  $v$  sont deux variables aléatoires non observables, soit  $w$  une variable aléatoire représentant les deux. Donc  $K = g(Q, w)$ . On voit immédiatement que  $E(Q, w) \neq 0$  à cause de  $E(Q, e) \neq 0$  et une estimation par M.C. produirait inévitablement des estimateurs non convergents.

7. On trouvera la définition et les premières applications empiriques de ces fonctions dans P.H. Douglas [7] et dans Arrow-Chenery-Minhas-Solow [1].

$$\text{fonction C.D. : } Q = AK^\alpha L^{1-\alpha} \quad (8)$$

$$\text{fonction C.E.S. : } Q = A[\alpha K^{-\rho} + (1-\alpha)L^{-\rho}]^{-1/\rho} \quad (9)$$

$A$  est le paramètre d'efficiencia dont la dimension peut être fort complexe comme l'a démontré De Jong [6] en faisant une analyse dimensionnelle de ces fonctions,  $\alpha$  est le paramètre de distribution définissant les parts relatives des facteurs dans la production et  $\rho$  est le paramètre de substitution des facteurs. On démontre<sup>8</sup> que l'élasticité de substitution est égale à  $(1+\rho)^{-1}$ , que lorsque  $\rho \rightarrow 0$ ,  $\sigma \rightarrow 1$  et la fonction C.E.S. est identique à la C.D. Si, d'autre part,  $\rho \rightarrow \infty$ ,  $\sigma \rightarrow 0$  et la C.E.S. est une fonction de production à proportions fixes.

### 1.3 Demande désirée de capital de Jorgenson

Pour sa théorie de l'accumulation optimale du capital, Jorgenson a choisi la C.D. de telle sorte que :

$$\partial Q / \partial K = \alpha (Q/K) \quad (10)$$

et

$$\partial Q / \partial L = (1-\alpha)(Q/L). \quad (11)$$

Or, en substituant les conditions d'équilibre (4) et (5) dans ces relations la demande désirée de capital devient :

$$K = \alpha(pQ/c) \quad (12)$$

et la demande désirée de travail :

$$L = (1-\alpha)(pQ/w) \quad (13)$$

On notera qu'avec une spécification C.D., seul le paramètre de distribution apparaît explicitement dans (12). Le paramètre de substitution est contraint à la valeur 0 à priori de telle sorte que l'élasticité de substitution est nécessairement égale à l'unité. Enfin, le paramètre d'efficiencia  $A$ , même s'il est implicitement contenu dans  $Q$ , n'apparaît pas explicitement dans (12) (13). C'est ce qui peut expliquer l'absence apparente de progrès technique neutre dans la demande désirée de capital de Jorgenson<sup>9</sup>.

## 2. THÉORIE DE LA DEMANDE DE CAPITAL DE REMPLACEMENT

On se souviendra que l'une des contraintes de la fonction objectif de l'entrepreneur est la contrainte de l'investissement de remplacement, i.e. :

$$I_t = \Delta K_t + \delta K_{t-1} \quad (14)$$

8. Voir, en particulier, A.C.M.S. [1].

9. Pour une formulation de la demande de capital explicitée uniquement en fonction des variables « exogènes »  $p$ ,  $c$ ,  $w$  et aussi du progrès technique neutre représenté par  $t$ , le lecteur peut se référer à Gould [20] et Gould et Wauld [21].

où  $\Delta K_t$  est le changement dans le stock (net) de capital, i.e. la demande de capital nouveau pour accroître la capacité, et  $\delta K_{t-1}$  est l'investissement de remplacement.

Selon des études récentes de Feldstein et Foot [17], de Eisner [12], l'investissement de remplacement représente en moyenne plus de 50 p.c. des investissements bruts aux Etats-Unis. Cette autre moitié de l'investissement brut n'est en aucune façon expliquée dans le modèle de Jorgenson par l'un ou l'autre des déterminants de la demande de capital (nouveau). Jorgenson préfère s'appuyer sur un résultat déjà bien établi en statistique<sup>10</sup> pour justifier la forme de sa demande de capital de remplacement. Jorgenson suppose, en effet, que le stock (net) de capital est calculé à partir de la méthode de l'inventaire perpétuel,

$$K_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} \xi_{\tau} I_{t-\tau}, \quad \xi \leq 1, \quad (15)$$

i.e. que le stock de capital est une somme pondérée des investissements bruts et la distribution des pondérations est une distribution géométrique décroissante. En effet, soit  $I_t$  l'investissement brut,  $IN_t$  l'investissement nouveau et  $IR_t$  l'investissement de remplacement.

$$\text{Par hypothèse, } IR_t = \delta K_{t-1}. \quad (16)$$

$$\text{Par définition, } I_t = IN_t + IR_t = \Delta K_t + \delta K_{t-1}. \quad (17)$$

En utilisant  $z$  comme opérateur de rebroussement (i.e.  $z^k X_t \equiv X_{t-k}$ ), on a :

$$I_t = (1 - z + \delta z) K_t = [1 - (1 - \delta)z] K_t. \quad (18)$$

En posant  $\xi = (1 - \delta)$  on a enfin :

$$K_t = [1/(1 - \xi z)] I_t \quad (19)$$

et (19) est identique à (15).

En examinant les contributions de ses contemporains, Jorgenson [29] a souligné à plusieurs reprises le manque de cohérence de ceux qui admettent l'hypothèse d'un investissement de remplacement proportionnel au stock de capital et leur mesure du stock de capital qui n'est pas basée sur la méthode de l'inventaire perpétuel. C'est une critique qu'il adresse en particulier à Eisner [8, 9, 10, 11], Kuh [40], Grundfeld [23].

On peut critiquer la théorie de la demande de remplacement de Jorgenson sur les deux points suivants : (1) la demande de capital de remplacement peut être conditionnée par les mêmes déterminants que

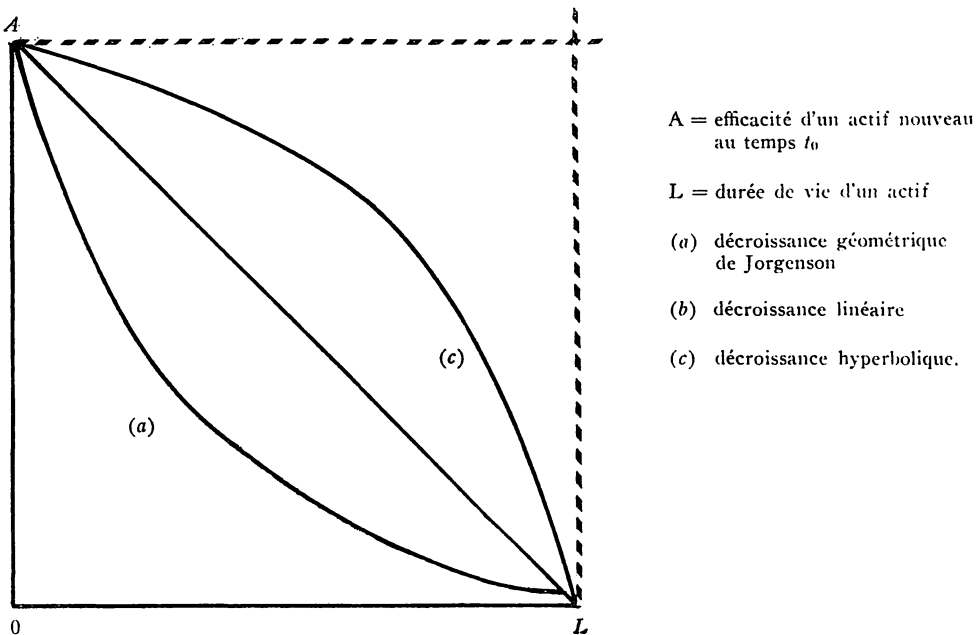
10. Voir W. Feller [19], en particulier le chapitre traitant du renouvellement d'un stock ou d'une population.

la demande de capital nouveau ; (2) l'hypothèse d'une décroissance géométrique de Jorgenson peut être remplacée par une hypothèse de décroissance linéaire ou plus vraisemblablement par toute autre hypothèse de décroissance non linéaire. Par exemple, il nous semble tout aussi réaliste de supposer que, durant les premières périodes de sa vie, un actif ne perd que très peu de son efficacité et que c'est surtout à la fin de sa vie que l'efficacité d'un actif diminue le plus rapidement <sup>11</sup>. L'approximation de cette hypothèse par une hyperbole équilatère (voir graphique 1) semblerait la meilleure courbe de décroissance à spécifier pour la construction d'un stock de capital. L'hypothèse extrême serait de supposer qu'un actif ne perd son efficacité que soudainement à la fin de sa vie. Dans ce cas, l'hyperbole équilatère s'identifierait à ses asymptotes.

Un exemple assez couramment employé dans la littérature de cette hypothèse extrême est le cas où le stock de capital est mesuré par les actifs bruts <sup>12</sup>. En supposant que les actifs aient été réévalués correcte-

### GRAPHIQUE 1

DIFFÉRENTS TYPES DE DÉCROISSANCE DE L'EFFICACITÉ D'UN ACTIF



11. Cette hypothèse est en accord avec un point de vue déjà exprimé par A.A. Walters [56] sur cette question.

12. Eisner [8, 9, 10] a déjà procédé ainsi pour plusieurs tests empiriques concernant les modèles d'investissement.



ment et, ensuite, dégonflés par un indice de prix approprié, l'hypothèse qui est implicitement supposée quant à la demande de remplacement est qu'un actif ne se déprécie qu'à la fin de sa vie : il ne perd brutalement son efficacité qu'après  $L$  années de service, i.e. seulement lorsqu'il sort du stock de capital. En effet, par définition, le changement dans le stock brut est l'investissement brut de la période courante moins l'investissement brut effectué  $L$  années antérieures, i.e. l'actif qui est retiré du stock au temps  $t$  :

$$I_t - I_{t-L} = \Delta K_t \quad (20)$$

$I_{t-L}$  représente donc dans notre mesure ce que  $\delta K_{t-1}$  représentait dans le modèle de Jorgenson<sup>13</sup>. Il est évident que cette hypothèse de demande de remplacement est trop extrême : la plupart des actifs, sinon tous, commencent à perdre de leur efficacité avant d'être complètement mis au rancart. Mais est-ce que l'hypothèse d'une perte d'efficacité selon une décroissance géométrique à la Jorgenson est plus réaliste ? On peut se permettre d'en douter. Il en est ainsi pour la méthode d'amortissement linéaire si chère aux comptables. Etant donné que nous ignorons à peu près totalement quelle est la forme précise de la courbe de perte d'efficacité d'un actif au cours de sa vie, nous pouvons opter pour une forme discontinue (en escalier), tout en étant bien conscient que la réalité se situe en deçà de cet extrême. Dans ce cas, la mesure de  $K$  par les actifs bruts représente non seulement une demande de capital nouveau mais aussi une certaine proportion (impossible à déterminer) de demande de remplacement. Et si nous pouvons observer une variance résiduelle faible dans les applications empiriques d'une demande de capital ainsi mesurée, nous serons forcés d'admettre que les déterminants de la demande de capital de remplacement sont sensiblement les mêmes que ceux de la demande de capital nouveau destiné à l'accroissement de la capacité<sup>14</sup>. Cette constatation rejoindrait certaines observations récentes d'Eisner :

- 1) « *Expenditures planned for replacement and modernization varied over time and, as observed by Feldstein and Foot, were not a constant proportion of capital...*

13. Feldstein et Rothschild [18] ont donné quelques exemples d'actifs qui ne se déprécient soudainement qu'à la fin de leur vie : lampes électriques, poteaux de téléphone ou de télégraphe, etc...

14. Nous avons expérimenté cette mesure du stock de capital dans plusieurs modèles à retards échelonnés pour l'ensemble de l'industrie manufacturière canadienne et les coefficients de détermination pour les spécifications optimales étaient supérieures à .95. De plus, les conclusions de l'article récent de Feldstein et Rothschild [18] vont dans ce sens ; car après avoir effectué plusieurs simulations, F.-R. ont constaté que l'investissement de remplacement pouvait être influencé par des délais aussi bien que par d'autres déterminants tels que le taux d'intérêt ou la politique fiscale.

- 2) *While varying less, replacement and modernization expenditures were not a stabilizing substitute for expansion expenditures, but rather moved up and down with expansion expenditures »...*

Eisner [12], page 304.

### 3. THÉORIE DE L'AJUSTEMENT ENTRE DEMANDE ACTUELLE ET DEMANDE DÉSIRÉE DE CAPITAL

Jorgenson admet volontiers l'existence d'un écart entre le stock actuel  $K_t$  et le stock désiré  $K_t^*$  déterminé par les conditions d'un équilibre concurrentiel à long terme. Cet écart peut se fonder sur plusieurs raisons : 1) délais imprévus de livraison ; 2) délais engendrés par le processus même de formation des anticipations quant à l'évolution de la demande future, des plans de production, des prix et des coûts futurs, donc délais engendrés par l'incertitude ou le manque d'information ; 3) délais engendrés par les coûts d'ajustement dans le changement de la capacité requise ; 4) délais d'ajustement provenant d'une capacité excédentaire.

Mais toutes ces raisons ne sont pas nécessairement celles invoquées par Jorgenson pour justifier sa fonction rationnelle de retards échelonnés. Jorgenson suppose<sup>15</sup> qu'à chaque période, la production et l'emploi sont fixés au niveau décrit par la condition d'équilibre de la productivité marginale du travail (13) *étant donné le niveau du stock de capital au début de la période*. Il n'y a donc aucun délai d'ajustement entre la demande de travail et le niveau de production à atteindre au cours de cette période. Les délais d'ajustement ne sont que du côté de la demande de capital dont le niveau optimal est déterminé par la condition d'équilibre (12).

Gould souligne avec raison<sup>16</sup> que si le nouveau capital créé au cours de cette période n'est pas utilisé, il se crée alors un excédent de capacité qui est contradictoire avec l'hypothèse d'une fonction de production définie comme une relation purement technique sans terme stochastique. D'autre part, si le nouveau capital est utilisé au cours de la même période, alors le niveau de production  $Q$  ne peut plus être celui fixé par la condition d'équilibre (13). Dans l'un ou l'autre des cas, la demande de capital n'a plus une trajectoire optimale.

Jorgenson formule un modèle d'ajustement *ad hoc* entre la demande actuelle  $K_t$  et la demande désirée  $K_t^*$  en plaçant une fonction rationnelle de retards sur la demande désirée  $K_t^*$ . La forme optimale de cette fonction rationnelle est déterminée empiriquement en se guidant principalement sur le critère de la variance résiduelle minimale.

15. Jorgenson [26], page 249.

16. Gould [20], page 587.

En résumé, le modèle néo-classique de la demande de capital spécifié par Jorgenson peut s'écrire :

$$(I_t - IR_t) = W(z)\Delta K_t^* \quad (21)$$

$$(I_t - IR_t) = \Delta K_t \quad (17)$$

$$IR_t = \delta K_{t-1} \quad (16)$$

$W(z)$  = fonction rationnelle de l'opérateur de rebroussement  $z$

$$K_t^* = \alpha(pQ/c)_t^* \quad (12)$$

d'où :

$$(1 - z)K_t = W(z)(1 - z)K_t^* \quad (22)$$

$$K_t = W(z)K_t^* \quad (23)$$

$$= W(z)[\alpha(pQ/c)_t] \quad (24)$$

Même si Jorgenson, dans toutes ses applications empiriques, a toujours utilisé (21), nous préférons quant à nous retenir (23) ou (24), i.e. la spécification du niveau de la demande plutôt que celle du changement dans la demande de capital. Bischoff [3] prétend d'ailleurs que (23) est plus générale en permettant un choix de spécifications stochastiques beaucoup plus souple que (21). Gould [20] utilise également (23) pour analyser l'erreur de prévision causée par la présence des variables endogènes dans le modèle de Jorgenson. Il y aurait lieu, enfin, de mentionner l'addition d'un terme stochastique à la forme finale de la demande de capital de Jorgenson.

#### 4. PROBLÈMES POSÉS PAR L'APPROCHE DE JORGENSON

L'approche de Jorgenson, même si elle semble assez élégante en théorie, soulève en réalité plusieurs problèmes qui ont été traités parfois assez cavalièrement par Jorgenson et ses collaborateurs. Il y a le problème de la définition et de la mesure des variables en fonction d'un certain nombre d'hypothèses *a priori*, le problème de l'ajustement *ad hoc* ou le problème de l'optimisation dynamique, le problème de l'équilibre concurrentiel ou non concurrentiel via la spécification des variables endogènes et exogènes et, enfin, le problème de la spécification d'une fonction de production autre que la C.D.

##### 4.1 Mesure des variables et autres théories

L'approche de Jorgenson peut constituer un cadre d'analyse suffisamment général pour examiner les autres théories de l'investissement. En effet, si on laisse tomber le rôle des prix relatifs  $(p/c)$ , le modèle de Jorgenson se réduit au modèle de l'accélérateur flexible de Koyck ou à la théorie de l'ajustement de l'excédent de capacité de Chenery.

On aboutit à ce résultat avec une spécification C.D. en supposant simplement que le prix relatif  $(p/c)$  est constant dans le temps. En spécifiant une fonction de production C.E.S., à rendements constants, on démontre que la demande désirée de capital à l'équilibre est :

$$K^* = \Gamma (p/c)^\sigma Q \quad (25)$$

où :

$$\Gamma = (\alpha A^{-\rho})^\sigma. \quad (26)$$

L'effet prix sera nul dans cette fonction si  $\sigma = 0$ , i.e. si  $\rho \rightarrow \infty$ . On s'assure que  $Q$  est une variable exogène dans la demande de capital en la mesurant non pas par la production (comme l'a fait Jorgenson) mais plutôt par une variable représentant la demande telle que les ventes ou le changement dans les ventes s'il s'agit du modèle d'accélérateur flexible. Si on veut représenter le modèle d'ajustement de l'excédent de capacité, on mesurera la variable  $Q$  par le rapport de production sur la capacité de production, ou encore par la différence entre production et capacité de production. Il va sans dire que de telles simplifications peuvent être en contradiction avec certaines hypothèses à priori de Jorgenson telles que l'élasticité unitaire de substitution ou encore l'absence d'excédent de capacité. Mais les à priori de Jorgenson ne sont pas nécessairement les plus réalistes. Ce qu'il importe de retenir de l'approche de Jorgenson ne sont pas les à priori qu'il choisit mais les possibilités d'analyse à partir d'autres à priori.

Une autre illustration de ce que nous venons de dire nous est fournie par l'examen de la mesure du coût d'usage du capital. Jorgenson s'appuie sur la théorie de Modigliani-Miller [46] pour mesurer le coût externe ( $r$ ) de financement du capital. Selon cette théorie, le coût de financement est indépendant de la structure financière de l'entreprise et de sa politique de dividendes. Pour Jorgenson comme pour Modigliani-Miller, il n'y a pas de différence entre le coût de financement interne et le coût de financement externe de telle sorte qu'il n'y a pas d'imperfection dans le marché des capitaux. Jorgenson se propose alors de mesurer  $r$  tantôt par le taux d'intérêt sur les obligations du gouvernement (Jorgenson [26, 1963]), tantôt par un taux de rentabilité après impôt défini par le rapport des profits nets après impôt et le montant des intérêts payés sur la valeur des actions et obligations au prix du marché (Jorgenson-Stephenson [36, 1967]). De plus, comme le coût d'usage comprend également le taux de dépréciation ajusté pour fin d'impôt, on peut approcher grossièrement le coût d'usage par unité de capital de la manière suivante :

$$\frac{\text{profit après impôt} + \text{dépréciation} + \text{intérêts payés}}{\text{valeur marchande du stock de capital}}.$$

Même si Jorgenson insiste dans son analyse rétrospective [29] pour affirmer que cette mesure du coût d'usage ne fait que refléter le coût de financement externe du capital et que le flux de liquidité interne venant des profits et de la dépréciation n'ont pas une valeur différente du taux d'intérêt, Jorgenson doit admettre que son point de vue est fort discutable. Eisner-Nadiri ont interprété le coût d'usage comme une mesure implicite des revenus futurs anticipés [14, p. 373]. Notre définition du coût d'usage constitue plus une mesure du coût de la liquidité globale (interne et externe) que simplement une mesure du coût de la liquidité externe.

Pour l'industrie manufacturière canadienne dont de larges secteurs sont entièrement contrôlés par des entreprises multinationales (surtout américaines), il serait plus réaliste de considérer la mesure de la liquidité globale comme une mesure de liquidité interne car, dans bon nombre de cas, les actions ne sont pas disponibles sur le marché et le financement par obligations peut se faire en bonne partie par la société-mère. Il n'y a finalement qu'un faible pourcentage de financement qui est fait sur le marché des capitaux canadiens et américains. En effet, selon une publication du ministère fédéral du Commerce<sup>17</sup>, il y avait au Canada en 1965, 266 filiales (sur un total de 363 filiales dont les actifs dépassaient 5 millions de dollars) qui disposaient de 1.8 milliard de fonds pour répondre à leurs besoins financiers au cours de cette année-là. De ce montant, 1.2 milliard (soit les deux tiers), provenaient des liquidités internes des filiales, i.e. de profits non distribués plus la dépréciation. Le reste, soit 650 millions de dollars, venait de sources extérieures, dont la principale était les sociétés-mères ou compagnies affiliées qui ont financé près de 60 p.c. de ce montant (274 millions par achat d'obligations et 113 millions par achat d'actions).

Pour retrouver la définition de la liquidité interne de Kuh [40], il suffirait de définir le numérateur comme variable *cash flow*, i.e. profits après impôt plus dépréciation moins dividendes payés. Si on désire introduire comme déterminants séparés de la demande de capital le coût des liquidités internes et externes à la manière de Meyer et Glauber [45], il faut alors spécifier explicitement deux coûts d'usage : 1) le coût des liquidités internes qui peut être évalué par le rapport d'une variable *cash flow* sur la valeur nette de l'entreprise ; 2) le coût des liquidités externes qui peut être mesuré par le taux d'intérêt sur la dette obligataire de l'entreprise ou le taux d'intérêt sur les obligations à long terme du gouvernement.

Quant à l'impact de la politique fiscale sur le coût d'usage, celle spécifiée par Jorgenson peut être très convenable pour l'économie américaine, mais comme l'ont remarqué Rowley [51, 52] et Schramm

---

17. Statistique Canada [25], p. 16.

[53], la spécification de Jorgenson n'est pas nécessairement celle qui convient le mieux à la politique fiscale d'autres pays, en particulier de l'Angleterre (Rowley) et de la France (Schramm). Une mesure plus appropriée pour l'industrie manufacturière canadienne de l'impact de la politique fiscale pourrait être la suivante : soit  $\pi$  le taux de rendement du capital et  $q$  le prix d'une unité de capital. Nous pouvons définir simplement le coût d'usage par le produit  $q\pi$ . En se servant des statistiques fiscales que nous avons déjà compilées dans une autre publication [41], on peut calculer  $\pi$  de la manière suivante :

$$\pi = \left[ \begin{array}{l} \text{profits imposables} + \text{dividendes reçus non imposables} \\ + \text{dépréciation fiscale} + \text{intérêts payés} - \text{impôts} \end{array} \right] / \left[ \begin{array}{l} \text{actif net} \\ \text{total} \end{array} \right]$$

Le numérateur de ce taux correspond approximativement à la mesure du coût d'usage employé par Jorgenson-Stephenson (voir page 20). L'une des principales différences cependant est que la définition du numérateur de Jorgenson-Stephenson est une somme d'un taux réel de dépréciation ( $\delta$ ) et d'un taux réel de financement ( $r$ ) pondérés par certains paramètres fiscaux tandis que notre mesure du numérateur est construite directement à partir des statistiques fiscales.

Il y a cependant une discontinuité dans la série sur le montant des intérêts payés car, avant 1956, le ministère du Revenu ne publiait que les intérêts payés sur la dette obligataire et la dette hypothécaire. A partir de 1956, étant donné l'importance du montant des intérêts payés autres que sur la dette hypothécaire et obligataire, le montant des intérêts comprend les intérêts payés sur la dette à court et à long terme. Etant donné la structure très particulière de l'industrie manufacturière canadienne, largement dominée par les entreprises multinationales, le montant des intérêts payés par les filiales canadiennes sur des avances à court terme consenties par les sociétés-mères étrangères est presque aussi important que le montant des intérêts payés sur la dette à long terme. On peut tenter de pallier cette discontinuité en introduisant éventuellement dans un modèle de demande de capital une variable auxiliaire dont la valeur sera nulle pour la période antérieure à 1956 et sera égale à l'unité à partir de 1956.

Contrairement à Jorgenson-Stephenson qui ont évalué au prix du marché le stock de capital-actions ainsi que la dette à long terme, il serait préférable d'approcher le dénominateur (i.e. le capital financier des entreprises) par l'actif net total. Nous préférons cette mesure à celle de Jorgenson-Stephenson, car elle a le mérite de protéger le coût d'usage contre les fluctuations parfois fort erratiques des marchés financiers. De plus, il est douteux que la valeur marchande des titres d'une entreprise puisse fidèlement refléter la valeur *réelle* de cette entreprise, car en se fiant uniquement au marché, on est obligé de faire un *acte de foi*

sur le degré de perfection du fonctionnement du marché des capitaux. Or, au Canada, c'est un fait bien connu que le marché des capitaux est beaucoup plus restreint que le marché américain. Comment peut-on évaluer correctement les titres des filiales canadiennes qui sont détenus entièrement par les sociétés-mères étrangères ? Notre mesure du taux de rendement du capital, bien qu'étant imparfaite, représente un effort en vue d'adapter le coût d'usage à la réalité de l'industrie manufacturière canadienne.

En résumé, on voit donc que la manière de mesurer les déterminants du modèle de Jorgenson et de les interpréter en fonction d'un certain nombre d'hypothèses *a priori* peut nous rapprocher ou nous éloigner du cadre néo-classique de l'équilibre concurrentiel de Jorgenson.

#### 4.2 Critiques de l'ajustement *ad hoc*

Etant donné la popularité qu'a connue l'approche de Jorgenson au cours des dernières années, plusieurs économistes ont remis en question la validité de l'ajustement *ad hoc* employé par Jorgenson comme correspondant à un ajustement optimal de la demande de capital. Gould [20] et Nerlove [49], pour ne citer que deux critiques, n'admettent pas l'hypothèse de Jorgenson de considérer la production  $Q$  comme variable exogène au cours du processus d'ajustement. Nerlove évoque l'incohérence entre l'hypothèse des anticipations statiques en particulier au sujet du prix de la production (qui est supposé constant au cours de chaque période future de la fonction objectif) et l'hypothèse de la quantité de production considérée comme variable exogène. Jorgenson ne s'est pas posé cette question puisqu'il a toujours utilisé la valeur ajoutée de la production pour mesurer  $pQ$ , ce qui revient à supposer du point de vue empirique que si  $p$  n'est pas constant, le prix devient également une variable exogène dans un schéma d'équilibre concurrentiel. C'est ce que Thurow [55] décrit d'une façon pittoresque : «  $(p/c)$  ... is receiving a free ride ». De plus, Jorgenson et ses collaborateurs ont escamoté ce problème au plan empirique en contraignant à 0 la valeur des coefficients de la distribution des effets échelonnés au cours des quatre premières périodes d'ajustement.

Nous avons déjà souligné pourquoi Gould [20] dénonce le processus itératif d'ajustement décrit par Jorgenson qui considère la production comme variable exogène dans la demande de capital. Gould suggère de sortir de cette impasse en considérant qu'à court terme les variables  $Q$ ,  $K$ ,  $L$  sont endogènes et ont des valeurs optimales différentes de leurs valeurs d'équilibre à long terme. *Il suffit de supposer que le mécanisme d'ajustement ad hoc assure une convergence optimale à chaque période vers la valeur d'équilibre à long terme de  $K$  déterminée par les condi-*

tions de productivité marginale des facteurs sans contrainte de réalisation dans le temps. Gould décrit (p. 588) ce processus d'ajustement de la manière suivante :

Soit  $K^*$  la demande désirée de capital déterminée par les conditions de productivité marginale des facteurs sans tenir compte des contraintes de réalisation dans le temps, soit  $K(t)$  la demande actuelle de capital, soit  $h$  la quantité maximale de capital nouveau qu'une entreprise peut ajouter à son stock à chaque période. Si  $K(t) < K^*$ , le changement dans le stock de capital sera :

$$\Delta K_{(t)} = \min (h, K^* - K_{(t)}) \quad (27)$$

Ayant ainsi déterminé le niveau de la demande de capital pour chaque période, l'entreprise détermine à chaque période le niveau de la demande de travail en fonction de la condition d'équilibre de la productivité marginale du travail (13). En procédant ainsi, l'entreprise est forcée de produire à un niveau inférieur à son objectif à long terme, mais son niveau de production à chaque période est déterminé par une combinaison optimale (i.e. sans excédent de capacité) de facteurs de production.

La principale différence entre le mécanisme d'ajustement décrit par Gould et celui de Jorgenson est de supposer que le stock de capital n'est pas déterminé à court terme par la condition d'équilibre de productivité marginale du capital (12) *mais converge d'une façon optimale vers cette condition d'équilibre à long terme*. On peut présumer que Jorgenson a déjà pris bonne note des critiques de Gould puisque, dans sa contribution la plus récente, Jorgenson se rapproche assez bien de cette position en distinguant deux types d'équilibre dépendant de l'hypothèse des rendements constants ou de l'hypothèse des rendements décroissants :

*« The interpretation of the desired level of capital stock in a distributed lag investment function is very different under constant returns to scale and under diminishing returns. Under diminishing returns the desired level of capital is the long-run equilibrium level and depends on the prices of output, labor input and capital input. Under constant returns to scale there is no long-run equilibrium level of capital ; desired capital is a perpetually moving target to which actual capital never converges. »*<sup>18</sup>

Un fait intéressant à noter : Jorgenson ne précise plus s'il s'agit d'un équilibre concurrentiel ou non concurrentiel.

Nerlove [48] s'est élevé contre l'utilisation de mécanismes d'ajustement ad hoc qui sont justifiables à cause de délais de livraison imprévus, d'incertitude, de coûts d'ajustement au changement dans la capacité. Nerlove préférerait « internaliser » dans la fonction objectif et, par suite,

18. Jorgenson [31], page 3.



dans les conditions d'équilibre dynamique, certaines de ces causes de retards. Il serait favorable à la maximisation de l'équivalent certain (*certainty equivalent*) d'une fonction objectif qui aurait explicitement comme argument les coûts d'ajustement au changement dans la capacité. La dérivation des conditions d'équilibre dynamique par le principe du maximum de Pontryagin [50] justifierait alors la forme de fonction à retards échelonnés qui devrait être spécifiée pour la demande de capital. Cette approche a d'ailleurs déjà été explorée par Eisner et Strotz [16]. La spécification d'une forme quadratique des coûts d'ajustement dans la fonction objectif a conduit Eisner et Strotz à dériver une trajectoire optimale de la demande de capital correspondant au principe de l'accélérateur flexible de Koyck [39]. Etant donné la complexité des modèles qui peuvent être dérivés selon cette approche, même au prix d'un certain nombre d'hypothèses simplificatrices sur le processus de formation des anticipations, cette approche ne me semble pas encore suffisamment opérationnelle en économie pour mettre de côté la procédure de l'ajustement *ad hoc* qui a été employée jusqu'ici comme substitut à l'approche de la théorie de la commande optimale proposée par Nerlove.

#### 4.3 Variables endogènes vs variables exogènes

La juxtaposition d'une fonction pondérée *ad hoc* au capital désirée à long terme ne justifie quand même pas nécessairement la mesure de la demande désirée de capital par des variables endogènes telle que la production courante  $Q$ . Gould [20] démontre que la précision obtenue à partir d'un modèle spécifiée à la Jorgenson, i.e. une demande de capital ayant comme argument la variable  $Q$  déterminée par un stock initial de capital, tendra à sous-estimer la demande désirée de capital qui serait exprimée uniquement en fonction de variables exogènes telles que les prix relatifs. Une étude empirique récente de Gould et Wauld [21] illustre ce problème d'une façon encore beaucoup plus détaillée. Nous avons cependant certaines hésitations à accepter le point de vue de Gould au sujet du biais de prévision car il ne tient pas compte des biais possibles dans l'estimation de certains paramètres d'un modèle multiplicatif de la demande de capital qui peuvent radicalement influencer le biais de prévision dans le sens opposé<sup>19</sup>. De plus, on peut toujours supposer que l'approximation de la demande désirée de capital ne se fait pas à partir du niveau actuel de la production, mais de sa valeur anticipée  $Q_t^A$  (donc variable exogène) qui peut s'exprimer comme une fonction

19. Voir en particulier Teekens [54] au sujet du biais de prévision dans les modèles multiplicatifs et aussi les résultats des prévisions présentées au chapitre 7 de ma thèse de doctorat, Loranger [42].

à retards échelonnés des niveaux de production réalisée au cours des périodes antérieures, i.e. :

$$Q_t^A = \sum_{\tau} \mu_{\tau} Q_{t-\tau} = g(z) Q_t. \quad (42)$$

Evidemment, la question est de déterminer si  $\mu_0$  sera spécifié à 0 à priori ou s'il pourra avoir une valeur positive mais faible.

D'autre part, le raisonnement de Gould se base sur la plausibilité d'un équilibre concurrentiel qui détermine d'une manière exogène les prix des facteurs ainsi que le prix de la production. Si cette hypothèse ne semble pas très réaliste et qu'on veuille plutôt admettre l'hypothèse d'un équilibre non concurrentiel, les prix ne peuvent plus être supposés à priori comme des variables exogènes et le problème soulevé à propos de la quantité de production s'applique également pour la détermination du niveau de prix <sup>20</sup>.

#### 4.4 *Quelle fonction de production : C.D. ou C.E.S. ?*

Jorgenson a défendu et continue de défendre avec acharnement le choix d'une fonction de production C.D. pour spécifier la demande de capital. Eisner et Nadiri [14, 15] ont été les critiques les plus virulents de Jorgenson sur cette question. En reprenant les mêmes données utilisées par Jorgenson-Stephenson [36, 37] Eisner et Nadiri ont démontré qu'au niveau de l'ensemble de l'industrie manufacturière américaine, la spécification d'une fonction de production C.E.S. caractérisée par une faible élasticité de substitution et possiblement par des rendements croissants convenait mieux qu'une spécification C.D.

Il n'y a aucun doute que la spécification d'une C.D. ont permis à Jorgenson-Siebert [34, 35] et Jorgenson-Hunter-Nadiri [33] de montrer que leur modèle s'ajustait fort bien aux données des entreprises individuelles et aux groupes majeurs des entreprises manufacturières américaines. En se basant sur différents critères tels que le coefficient de détermination, la valeur significative des coefficients des variables explicatives, la prévision des points de retournement, etc., ils ont démontré la supériorité du modèle néo-classique de Jorgenson par rapport à d'autres modèles : modèle des profits anticipés, modèle de l'accélérateur, modèle de liquidité <sup>21</sup>. Mais toute cette évidence empirique n'est pas suffisante pour justifier la justesse de leur spécification et en particulier celle d'une C.D. Jorgenson et Stephenson [38] ont défendu leur choix

20. Voir à ce sujet, Loranger [44].

21. Dans une critique récente des travaux de Jorgenson et de ses nombreux collaborateurs, R. Eisner [13] souligne que l'analyse empirique de Jorgenson-Hunter-Nadiri [33] représente une comparaison injuste de la performance de ces différents modèles car le nombre de variables dépendantes retardées n'est pas le même, ce qui peut impliquer des hypothèses différentes sur la structure de l'autocorrélation des erreurs.

d'une C.D. en invoquant les résultats obtenus par d'autres chercheurs tels Bischoff [3], Zarembka [57], ou compulsés dans les *Surveys* sur la C.E.S. effectués par Griliches [22] et Nerlove [48]. Mais, comme l'ont si bien remarqué Eisner et Nadiri [15], l'utilisation des résultats des autres chercheurs est une arme à deux tranchants : ils peuvent tout aussi bien infirmer que confirmer le choix d'une C.D. ou d'un C.E.S. avec l'élasticité de substitution et rendements à l'échelle différents de l'unité.

### Conclusion

L'examen du modèle théorique de capital de Jorgenson en regard avec d'autres spécifications alternatives nous conduit aux résultats suivants :

- 1) La spécification de la fonction objectif de Jorgenson nous oblige à considérer les prix comme des constantes.
- 2) Même en rejetant cette hypothèse extrême, l'hypothèse d'équilibre concurrentiel implique que les prix sont des variables exogènes dans la demande de capital et qu'il n'y a aucun excédent de capacité de production.
- 3) Le mécanisme d'ajustement *ad hoc* entre demande actuelle et demande désirée n'est pas ou mal justifié par Jorgenson en regard de ses conditions d'équilibre. Une meilleure justification est de définir la demande désirée comme correspondant aux conditions d'équilibre à long terme sans contrainte de réalisation dans le temps et de supposer qu'à court terme le mécanisme d'ajustement dynamique spécifiée assure la convergence de la demande actuelle vers cette demande désirée.
- 4) La spécification d'une fonction de production C.D. en passant sous silence la question du progrès technique nous apparaît indûment restrictive quant à la valeur de l'élasticité de substitution.
- 5) Puisque, par définition, le stock de capital est une somme pondérée des investissements réalisés, il nous apparaît plus réaliste d'inverser la distribution des pondérations dans le temps en spécifiant une décroissance hyperbolique plutôt qu'une décroissance géométrique de l'efficacité des actifs. De plus, en mesurant le stock par l'actif brut, on aboutit alors implicitement à formuler une théorie de la demande de remplacement ayant les mêmes déterminants que ceux de la théorie de la demande de capital nouveau.
- 6) La définition du coût d'usage de Jorgenson repose sur l'hypothèse de concurrence parfaite du marché des capitaux. C'est la thèse de Modigliani-Miller. Une définition plus réaliste du coût d'usage basée sur un modèle de déséquilibre consiste à mesurer le coût d'usage à partir d'un taux de rendement de tout le capital (financier) investi qui tient compte du coût de la liquidité globale (interne et externe).

- 7) Le rejet de l'hypothèse d'un équilibre concurrentiel en faveur d'une position (stable) de déséquilibre nous conduit naturellement à considérer le rôle des prix comme des variables endogènes dans le modèle de demande de capital et à admettre la possibilité d'un excédent de capacité de production.

Cette dernière considération revêt une importance capitale en regard de l'interprétation des résultats empiriques obtenus en estimant les paramètres de la demande de capital qui ne sont plus nécessairement identifiables en fonction du seul paradigme de l'équilibre concurrentiel mais également de tout autre modèle de déséquilibre ! (Voir Loranger [44]).

Jean-Guy LORANGER,  
Université de Montréal.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARROW, K.J., CHENERY, H.B., MINHAS, B.S., SOLOW, R.M., « Capital Labor Substitution and Economic Efficiency », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 43, no. 3, 1961, pp. 225-250.
- [2] BERNDT, E.R., « A Reconciliation of Cross-Section and Time-Series Estimates of the Elasticity of Substitution », Discussion Paper no. 95, U.B.C., Vancouver, 1973.
- [3] BISCHOFF, C.W., « Hypothesis Testing and the Demand for Capital Goods », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 51, no. 3, 1969, pp. 354-368.
- [4] COEN, R.M., « Effect of Tax Policy on Investment in Manufacturing », *American Economic Review*, Vol. 58, no. 2, 1968, pp. 200-211.
- [5] COEN, R.M., « Tax Policy and Investment Behavior : A Comment », *American Economic Review*, Vol. 59, no. 3, 1969, pp. 370-379.
- [6] DE JONG, F.J., *Dimensional Analysis for Economists*, North Holland Pub. Co., Amsterdam, 1967.
- [7] DOUGLAS, P.H., « Are There Laws of Production ? », *American Economic Review*, Vol. 38, no. 1, 1948, pp. 1-41.
- [8] EISNER, R., « A Distributed Lag Investment Function », *Econometrica*, Vol. 28, no. 1, 1960, pp. 1-29.
- [9] EISNER, R., « Investment : Fact and Fancy », *American Economic Review*, Vol. 53, no. 1, 1963, pp. 237-246.
- [10] EISNER, R., « Capital Expenditures, Profits and the Acceleration Principle » in *Models of Income Determination*, (Conférence on Research in Income and Wealth), N.B.E.R., Princeton, 1964.
- [11] EISNER, R., « A Permanent Income Theory for Investment : Some Empirical Exploration », *American Economic Review*, Vol. 57, no. 3, 1967, pp. 363-390.

- [12] EISNER, R., « Components of Capital Expenditures : Replacement and Modernization Versus Expansion », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 54, no. 3, 1972, pp. 297-305.
- [13] EISNER, R., « Econometric Studies of Investment Behavior : A Comment », *Economic Inquiry*, Vol. 12, no. 1, 1974, pp. 91-104.
- [14] EISNER, R., NADIRI, M.I., « Investment Behavior and Neoclassical Theory », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 50, no. 3, 1968, pp. 369-382.
- [15] EISNER, R., NADIRI, M.I., « Neoclassical Theory of Investment Behavior : A Comment », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 52, no. 2, 1970, pp. 216-222.
- [16] EISNER, R., STROTZ, R.H., « Determinants of Business Investment », *Impacts of Monetary Policy*, Research Study no. 2, Commission on Money and Credit, Princeton Hall, 1963.
- [17] FELDSTEIN, M.S., FOOT, D.K., « The Other Half of Gross Investment : Replacement and Modernization Expenditures », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 53, no. 1, 1971, pp. 49-58.
- [18] FELDSTEIN, M.S., ROTHCHILD, M., « Towards an Economic Theory of Replacement Investment », *Econometrica*, Vol. 42, no. 3, 1974, pp. 393-424.
- [19] FELLER, W., *An Introduction to Probability Theory and its Application*, John Wiley and Sons, New York, 1968.
- [20] GOULD, J.P., « The Use of Endogeneous Variables in Dynamic Models of Investment », *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 83, no. 4, 1969, pp. 580-599.
- [21] GOULD, J.P., WAUD, R.N., « The Neoclassical Model of Investment Behavior : Another View », *International Economic Review*, Vol. 14, no. 1, 1973, pp. 33-48.
- [22] GRILICHES, Z., « Production Functions in Manufacturing : Some Preliminary Results » in M. Brown (ed.), *The Theory and Empirical Analysis of Production*, Studies in Income and Wealth, New York, 1967, pp. 275-322.
- [23] GRUNDFELD, Y., « The Determinants of Corporate Investment », in A.C. Harberger (ed.), *The Demand for Durable Goods*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 211-268.
- [24] HALL, R.E., JORGENSEN, D.W., « Application of the Theory of Optimum Capital Accumulation », in G. Fromm (ed.), *Tax Incentive and Capital Spending*, The Brookings Institution, Washington, 1971, pp. 9-60.
- [25] Statistique-Canada, « *Foreign-Owned Subsidiaries in Canada* », Ministère du Commerce, Ottawa, 1967.
- [26] JORGENSEN, D.W., « Capital Theory and Investment Behavior », *American Economic Review*, Vol. 53, no. 1, 1963, pp. 247-259.
- [27] JORGENSEN, D.W., « Anticipation and Investment Behavior », in Dusenberrey, Fromm (ed.), *The Brookings Quarterly Econometric Model of the U.S.*, North-Holland Pub., Amsterdam, 1965, pp. 35-92.

- [28] JORGENSEN, D.W., « The Theory of Investment Behavior », in N.B.E.R. (ed.), *Determinants of Investment Behavior*, New York, 1967.
- [29] JORGENSEN, D.W., « Econometric Studies of Investment Behavior : a Survey », *Journal of Economics Literature*, Vol. 9, no. 4, 1971, pp. 1111-1147.
- [30] JORGENSEN, D.W., « Investment Behavior and the Production Function », *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 3, 1972, pp. 220-251.
- [31] JORGENSEN, D.W., « Investment and Production : A Review », Institute for Mathematical Studies in the Social Science, Technical Report no. 97, Stanford University, Stanford, 1973.
- [32] JORGENSEN, D.W., HANDEL, S.S., « Investment Behavior in U.S. Regulated Industries », *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 2, 1971, pp. 213-264.
- [33] JORGENSEN, D.W., HUNTER, J., NADIRI, M.I., « A Comparison of Alternative Econometric Models of Quarterly Investment Behavior », *Econometrica*, Vol. 38, no. 2, 1970, pp. 187-224.
- [34] JORGENSEN, D.W., SIEBERT, C.D., « A Comparison of Alternative Theories of Corporate Investment Behavior », *American Economic Review*, Vol. 58, no. 304, 1968, pp. 680-710.
- [35] JORGENSEN, D.W., SIEBERT, C.D., « Optimal Capital Accumulation and Corporate Investment Behavior », *Journal of Political Economy*, Vol. 76, 1968, pp. 1123-1151.
- [36] JORGENSEN, D.W., STEPHENSON, J.A., « Investment Behavior in U.S. Manufacturing, 1947-1960 », *Econometrica*, Vol. 35, no. 2, 1967, pp. 169-220.
- [37] JORGENSEN, D.W., STEPHENSON, J.A., « The Time Structure of Investment Behavior in the U.S. Manufacturing, 1947-1960 », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 49, no. 1, 1967, pp. 16-26.
- [38] JORGENSEN, D.W., STEPHENSON, J.A., « Issues in the Development of the Neoclassical Theory of Investment Behavior », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 51, no. 3, 1969, pp. 346-353.
- [39] KOYCK, L.M., *Distributed Lags and Investment Analysis*, North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1954.
- [40] KUH, E., *Capital Stock Growth : A Micro-Econometric Approach*, North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1963.
- [41] LORANGER, J.-G., *Investissement et financement manufacturiers au Canada*, 2e éd., Montréal, 1972.
- [42] LORANGER, J.-G., *Théorie néoclassique de la demande de capital : application à l'ensemble des industries manufacturières canadiennes*, H. Lang, Berne, 1975.
- [43] LORANGER, J.G., « Elasticité de substitution et rendement dans l'industrie manufacturière canadienne », *Revue Canadienne d'Econometrie*, vol. 8, no 4, 1975, pp. 520-535.
- [44] LORANGER, J.-G., « Problems of Identification and Estimation of the Demand for Capital », *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 58, no. 2, 1976, pp. 173-180.

- [45] MEYER, J.R., GLAUBER, R.R., *Investment Decisions, Economic Forecasting and Public Policy*, Bailey Bros. and Swinfen Ltd., Boston, 1964.
- [46] MODIGLIANI, F., MILLER, H.H., « The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment », *American Economic Review*, Vol. 48, no. 3, 1958, pp. 261-297.
- [47] MUNDLAK, Y., « Long-Run Coefficients and Distributed Lag Analysis : A Reformulation », *Econometrica*, Vol. 35, no. 2, 1967, pp. 278-293.
- [48] NERLOVE, M., « Recent Empirical Studies of the C.E.S. and Related Production Functions », in *The Theory and Empirical Analysis of Production*, M. Brown (ed.), Studies in Income and Wealth, Vol. 31, N.B.E.R., New-York 1967.
- [49] NERLOVE, M., « Lags in Economic Behavior », *Econometrica*, Vol. 40, no. 2, 1972, pp. 221-252.
- [50] PONTRYAGIN, L.S., BOLTYANSKII, V.G., GAMPELIDZE, R.V., MISHCHENKO, E.F., *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, John Wiley and Sons, New York, 1962.
- [51] ROWLEY, J., « Investment Functions : Which Production Functions ? », *American Economic Review*, Vol. 60, no. 5, 1970, pp. 1008-1012.
- [52] ROWLEY, J., « Investment and Neoclassical Production Functions », *Revue Canadienne d'Economie*, vol. 5, no. 3, 1972, pp. 430-434.
- [53] SCHRAMM, R., « Neoclassical Investment Models and French Private Manufacturing Investment », *American Economic Review*, Vol. 62, no. 4, 1972, pp. 553-563.
- [54] TEEKENS, R., *Prediction Methods in Multiplicative Models*, Rotterdam University Press, Rotterdam, 1972.
- [55] THUROW, L.C., « A disequilibrium Neoclassical Investment Function », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 51, no. 4, 1969, pp. 431-435.
- [56] WALTERS, A.A., « Production and Cost Functions : An Econometric Survey », *Econometrica*, Vol. 31, no. 1-2, 1963, pp. 1-66.
- [57] ZAREMBKA, P., « On Empirical Relevance of the C.E.S. Production Functions », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 52, no. 1, 1970, pp. 47-53.
- [58] ZAREMBKA, P., CHERNICOFF, H., « Further Results on the Empirical Relevance of the C.E.S. Production Function », *Review of Economics and Statistics*, Vol. 53, no. 1, 1971, pp. 106-110.